

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年1月13日 (13.01.2005)

PCT

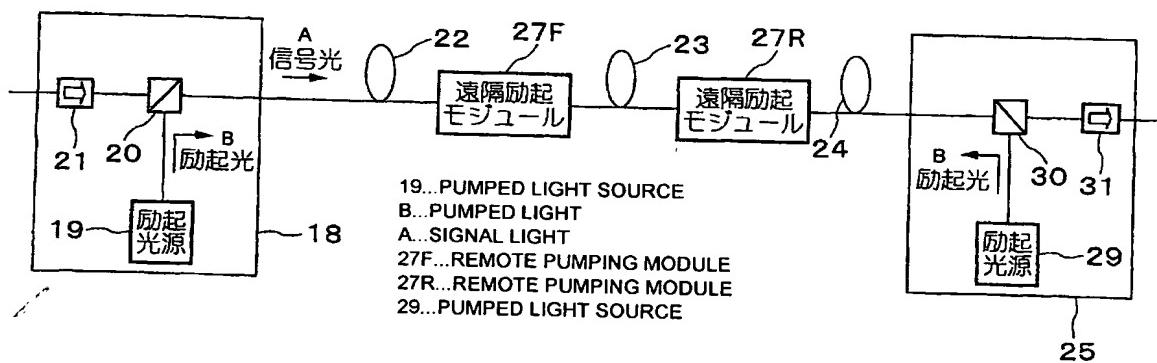
(10) 国際公開番号
WO 2005/004356 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04B 10/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009878
- (22) 国際出願日: 2004年7月5日 (05.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-271157 2003年7月4日 (04.07.2003) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区 大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 増田 浩次 (MASUDA,Hiroji) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑
- 町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 川上 広人 (KAWAKAMI,Hiroto) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮本 裕 (MIYAMOTO,Yutaka) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA,Masatake et al.); 〒104-8453 東京都 中央区 八重洲2丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(総葉有)

(54) Title: OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEM USING REMOTE PUMPING

(54) 発明の名称: 遠隔励起を用いた光ファイバ通信システム



(57) Abstract: An optical fiber communication system using a remote pumping is intended to improve the pumping efficiency and reduce the noise figure. A multiplexer (20) of a linear repeater (18) multiplexes and outputs a signal light and a pumped light from a pumped light source (19). The outputted signal light and pumped light travel through transmission fibers (22-24) and remote pumping modules (27F, 27R) to a linear repeater (25). A multiplexer (30) of the linear repeater (25) multiplexes and outputs a signal light and a pumped light from a pumped light source (29) to the transmission fiber (24). The remote pumping module (27F) demultiplexes from the signal light the pumped light propagating through the transmission fiber (22), and bifurcates the pumped light as demultiplexed, using a desired ratio. Then, the pumped lights as bifurcated are multiplexed with the signal light, and thereafter applied to the two ends of an erbium doped fiber. The module (27R) is adapted to function in the same manner.

(57) 要約: 励起効率の向上および雑音指数の低減を図った遠隔励起を用いた光ファイバ通信システムを提供する。線形中継器(18)の合波器(20)は信号光と励起光源(19)からの励起光とを合波し出力する。出力された信号光および励起光は、伝送ファイバ(22～24)および遠隔励起モジュール(27F, 27R)を通して線形中継器(25)へ至る。線形中継器(25)の合波器(30)は励起光源(29)からの励起光と信号光を合波し伝送ファイバ(24)へ出力する。遠隔励起モジュール(27F)は、伝送ファイバ(22)中を伝播する励起光を信号光から分波し、分波した励起光を所望の比率で2分岐する。そして、分岐した励起光を各々、信号光と合波し、分波した励起光を所望の比率で2分岐する。モジュール(27R)も同様に構成されている。

WO 2005/004356 A1



(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:
— 國際調査報告書

明細書

遠隔励起を用いた光ファイバ通信システム

技術分野

この発明は、光信号の伝送路である敷設光ファイバ中に、線形中継器または端局装置から離して設置した無給電の遠隔励起モジュールによって光信号を増幅する遠隔励起を用いた光ファイバ通信システムに関する。

本願は、2003年7月4日に出願された特願2003-271157号に対して優先権を主張するものであって、その内容をここに援用する。

背景技術

波長多重の光ファイバ通信システムで用いられる従来技術の遠隔励起システムの構成例を図8に示す (K. Aida et al., Proc. of ECOC, PDA-7, pp. 29-32, 1989、および、N. Ohkawa et al., IEICE Trans. Commun., Vol. E81-B, pp. 586-596, 1998 参照)。本遠隔励起システムでは、送信器1内の送信回路2から信号光を送出し、その信号光は、3つの伝送ファイバ5～7を経由して受信器10内の受信回路11で受信される。伝送ファイバ5と伝送ファイバ6、および、伝送ファイバ6と伝送ファイバ7の間には、エルビウム添加ファイバ(EDF)13F、13Rが設置されている。送信器1および受信器10内には、遠隔励起用の励起光源3および13が設置され、その励起光源3、13からの励起光と信号光は、合波器4および14を用いて合波される。送信器1、受信器10、および励起光源3、13は、電源に接続され給電されている。送信器1および受信器10に隣接した励起光源3、13を、それぞれ前段励起光源および後段励起光源と呼ぶ。また、それらの励起光源3、13からの励起光をそれぞれ前方励起光および後方励起光と呼ぶ。前方励起光は伝送ファイバ5を通過後、EDF・13Fを励起し、また、後方励起光は伝送ファイバ7を通過後、EDF・13Rを励起する。

前記励起光の波長は、EDFの励起に適した、 $1.48\mu\text{m}$ 近傍の光である。送信器1を出た信号光は、伝送ファイバ5で減衰した後、EDF・13Fで増幅され、さらに、伝送ファイバ6で減衰した後、EDF・13Rで増幅され、伝送ファイバ7を通過後、受信器10に達する。したがって、伝送ファイバ5、伝送ファイバ6、伝送ファイバ7を合わせた距離を、途中で給電することなく無中継で伝送することができる。遠隔励起されたEDF・13F、13Rを用いない中継系に比べ、無中継距離すなわち中継間隔が大幅に伸長される点が、本遠隔励起の利点である。ただし、前方励起光源3とEDF・13F、または後方励起光源13とEDF・13Rのいずれか一方のみを用いた構成を採用することもできる。また、一般に、励起光が伝搬する伝送ファイバ中では、信号光のラマン増幅が行われるため、ある程度の分布的な利得（ラマン利得）が付加される。

図8の従来技術の遠隔励起システムでは、信号光の利得波長域はEDFAのC帯（1530–1560 nm）に設定されているため、EDF・13FおよびEDF・13Rに達した励起光は、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起光入力端から反対側の励起光出力端に突き抜け、EDF・13FおよびEDF・13Rを全ファイバ長に渡って励起する。

ところが、信号光の利得波長域をEDFAのL帯（1570–1600 nm）に設定した場合には、EDF・13FおよびEDF・13Rに達した励起光は、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起光入力端付近を励起するのみで、反対側の励起光出力端にはほとんど突き抜けないことが分かった。これは、L帯用のEDFがC帯用のEDFに比べて数倍長いので、励起光が入力端の近傍にしか届かないためである。また、励起光入力端付近以外の励起されない部分では吸収となってしまう。そのため、EDF・13FおよびEDF・13Rの励起効率の低減および雑音指数の増大が生じるという欠点がある。ちなみに、このL帯はC帯と同様に、重要な信号光利得波長域である。特に、分散シフトファイバ（DSF）を用いたシステムでは、C帯で問題となる4光波混合を回避できるため、L帯は重要な信号光利得波長域である。

本発明は上記事情を考慮してなされたもので、その目的は、励起効率の向上および雑音指数の低減を図った遠隔励起を用いた光ファイバ通信システムを提供することにある。

この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、本発明の第1の態様は、励起光を出力する励起光源と、信号光に前記励起光を合波して出力する合波器とを備えた信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記伝送ファイバ中を信号光と同じ方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、前記分岐器を通過した信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段とを具備する光ファイバ通信システムである。

本発明の第2の態様は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を前記信号光と逆方向に出力する合波器とを備えた信号光受信手段とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記伝送ファイバ中を信号光と逆方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、前記信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段とを具備する光ファイバ通信システムである。

本発明の第3の態様は、励起光を出力する励起光源と、信号光に前記励起光を合波して出力する合波器とを備えた信号光出力手段と、前記信号光出力手段から

出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記信号光および励起光が入力されるサーキュレータと、前記サーキュレータを通過した信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力される光ファイバ通信システムである。

本発明の第3の態様において、前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設けても良い。

本発明の第4の態様は、信号光を出力する信号光出力手段と、前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を前記信号光と逆方向に出力する合波器とを備えた信号光受信手段とを有し、前記エルビウム添加ファイバモジュールは、前記信号光が入力されるサーキュレータと、前記励起光を信号光から分波する分波器と、前記分波器によって分波された励起光を前記サーキュレータから出力された信号光に合波する合波器と、前記合波器から出力された信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力される光ファイバ通信システムである。

本発明の第4の態様において、前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設け、前記合波器を前記第2のエルビウム添加ファイバの前段に設けても良い。

この発明によれば、エルビウム添加ファイバの両端から励起光を入射するようにしたので、従来のものに比較し、遠隔励起モジュールの励起効率を向上させることができると共に、雑音指数を低減させることができる効果が得られる。なお、本発明は信号光の利得波長域をE D F AのL帯に設定した場合に特に有用である。しかし、本発明はL帯への適用に限定されるものではなく、信号光の利得波長域を例えばE D F AのC帯に設定した場合にも効果がある。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の第1の実施形態による光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。

図2は、同実施形態における遠隔励起モジュール27Fの構成を示すブロック図である。

図3は、同実施形態における遠隔励起モジュール27Rの構成を示すブロック図である。

図4は、この発明の第2の実施形態による光ファイバ通信システムにおける遠隔励起モジュール50Fの構成を示すブロック図である。

図5は、同実施形態における遠隔励起モジュール50Rの構成を示すブロック図である。

図6は、この発明の第3の実施形態による光ファイバ通信システムにおける遠隔励起モジュール70Fの構成を示すブロック図である。

図7は、同実施形態における遠隔励起モジュール70Rの構成を示すブロック図である。

図8は、従来の光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態について説明する。図1はこの発明の第1の実施形態による光ファイバ通信システムの構成を示すブロック図である。この図において、18は線形中継器であり、励起光を発生する励起光源19と、励起光と信号光を合波して出力する合波器20と、マルチパス干渉雑音低減

のために設けたアイソレータ 21 とから構成されている。この線形中継器 18 から出射された信号光は、伝送ファイバ 22～24 を通過して下流の線形中継器 25 に達する。また、伝送ファイバ 22 と 23 の間に遠隔励起モジュール 27F が、伝送ファイバ 23 と 24 の間に遠隔励起モジュール 27R が各々設置されている。線形中継器 25 は励起光を発生する励起光源 29 と、励起光と信号光を合波する合波器 30 と、アイソレータ 31 とから構成されている。

通常の線形中継システムでは、線形中継器内に光増幅器が設置されるが、本実施形態では、線形中継器内に光増幅器を設置していない。すなわち、遠隔励起モジュール 27F、27R の利得、また、伝送ファイバ 22 と 24 内での分布ラマン利得の和が十分大きく、伝送ファイバ 22～24 の損失和を補っている。なお、線形中継器 18 を送信器、線形中継器 25 を受信器としてもよい。すなわち、線形中継器または送信器が信号光を出力する信号光出力手段であり、線形中継器または受信器が信号光を受信する信号光受信手段である。

図 2 は遠隔励起モジュール 27F の構成を示す図である。この遠隔励起モジュール 27Fにおいては、信号光と同じ方向に共伝播した励起光を、分波器 34 で信号光と分波し、その分波した励起光を、分岐ファイバカプラ (F C) 35 で所望の分岐比で分岐する。ここでは、その分岐比を 1 対 2 としている。分岐ファイバカプラ 35 により分岐された、33% の励起光は分岐ファイバカプラ 35 に隣接した合波器 36 で信号光と合波され、EDF・37 に前方向から入射される。一方、分岐ファイバカプラ 35 で分岐された 67% の励起光は、分岐ファイバカプラ 35 に隣接した可変減衰器 (ATT) 38 で適宜減衰され、その可変減衰器 38 に隣接したサーキュレータ (CIR) 39 により、EDF・37 の後方向から EDF・37 に入射される。

なお、サーキュレータ 39 の代わりに光カプラを用いても良いが、サーキュレータを用いるのがより好ましい。すなわち、サーキュレータは光カプラの機能およびアイソレータの機能を具備しており、アイソレータとしての機能が残留反射で戻ってきた戻り光を遮断するため、戻り光を遮断しないとした場合に生じるマルチパス干渉雑音を除去することができる。なお、これはこれ以後に説明するアイソレータについても同様である。

図3は遠隔励起モジュール27Rの構成を示す図である。この遠隔励起モジュール27Rにおいては、信号光と逆方向からモジュールに達した励起光を、分波器41で信号光と分波し、その分波した励起光を、分歧ファイバカプラ42で所望の分歧比で分歧する。ここでは、その分歧比を1対2としている。分歧ファイバカプラ42により分歧された、67%の励起光は分歧ファイバカプラ42に隣接した合波器43で信号光と合波され、EDF・45に前方向から入射される。一方、分歧ファイバカプラ42で分歧された33%の励起光は、分歧ファイバカプラ42に隣接した可変減衰器46で適宜減衰され、可変減衰器46に隣接したサーチュレータ47により、EDF・45の後方向から入射される。

上記の遠隔励起モジュール27F、27Rの構成によれば、EDF・37、45が所望の分配比で双方向から励起されるため、従来技術に比べ、EDF・37、45の励起効率が高くなり、雑音指数も低くなるという効果が得られる。

なお、可変減衰器38、可変減衰器46は、それぞれEDF・37、EDF・45を所望の分配比で励起する目的で、遠隔励起モジュールごとの分配比の調整に用いるものである。したがって、分配比があらかじめ分かっている場合には可変減衰器38、可変減衰器46を省略することができる。

また、上述した分配比67%対33%は一例であって、上記所望の分配比は遠隔励起モジュールの励起効率と雑音特性を考慮して決められるものである。これら励起効率および雑音特性は、いずれも光ファイバ通信システムの雑音性能を決定するパラメータの一部である。具体的には、信号光の入力方向、出力方向をそれぞれ前方向、後方向としたとき、前方向と後方向の分配比に関して、前方向の割合が大きいほど遠隔励起モジュールの雑音特性が良く、後方向の割合が大きいほど遠隔モジュールの励起効率が良いことが分かった。

このように可変減衰器38、可変減衰器46を設けることで、遠隔励起モジュール毎に分配比を調整できるため、遠隔励起モジュールとしては単品種のものを用意すれば良いという利点がある。

次に、この発明の第2の実施形態について説明する。

この第2の実施形態のシステム構成は図1と同じであり、遠隔励起モジュール27F、27Rの構成が異なっている。図4は図1における伝送ファイバ22、

23間に挿入される遠隔励起モジュール50Fの構成を示す図、図5は伝送ファイバ23、24間に挿入される遠隔励起モジュール50Rの構成を示す図である。

図4に示す遠隔励起モジュール50Fにおいて、信号光および励起光は、サーキュレータ51の第1および第2のポートを経て、EDF・52に入射し、EDF・52を通過後、ミラー53で反射され、再びEDF・52を先ほどとは逆方向に通過する。その後、信号光および励起光は、サーキュレータ51の第3のポートを通り、本モジュールから出力される。

また、図5に示す遠隔励起モジュール50Rにおいて、信号光と逆方向からモジュールに達した励起光は、分波器55で信号光と分波され、その分波された励起光が、EDF・56に隣接した合波器57に入力される。また、信号光はサーキュレータ58の第2ポートを経て合波器57において上述した励起光と合波される。そして、合波器57から出力された信号光および励起光は、EDF・56に入射され、EDF・56を通過後、ミラー59で反射され、再びEDF・56を先ほどとは逆方向に通過する。その後、サーキュレータ56の第3ポートを経て、分波器55を介して本モジュールから出力される。

上記の遠隔励起モジュール50Fおよび50Rの構成によれば、前述した第1の実施形態に比べ、少ない部品数でモジュールを構成できる。また、励起効率の高い信号光のダブルパス型の構成を採用しているため、第1の実施形態と同等以上の高い励起効率を得ることができる。

次に、この発明の第3の実施形態について説明する。

この第3の実施形態のシステム構成も図1と同じであり、遠隔励起モジュール27F、27Rの構成が異なっている。図6は図1における伝送ファイバ22、23間に挿入される遠隔励起モジュール70Fの構成を示す図、図7は伝送ファイバ23、24間に挿入される遠隔励起モジュール70Rの構成を示す図である。

図6に示す遠隔励起モジュール70Fが、第2の実施形態のモジュール50F(図4)と異なる点は、サーキュレータ51の前段にEDF・71が設けられ、EDF・52による増幅に先んじて信号光を増幅するようになっている点である。

また、図7に示す遠隔励起モジュール70Rが、第2の実施形態のモジュール50R(図5)と異なる点は、サーキュレータ58の前段にEDF・72が設け

られ、EDF・56による増幅に先んじて信号光を増幅するようになっている点である。但し、この場合、EDF72の前に合波器57が設けられ、励起光はこの合波器57によって信号光に合波される。そして、合波された信号光および励起光が、EDF・72、56へ出力され、ミラー59において反射され、サーキュレータ58、分波器55を介してモジュールから出力される。

なお、本実施形態におけるEDF・52の長さは、EDF・71の長さ分、第2の実施形態のEDF・52の長さよりも短くしても良い。同様に、本実施形態におけるEDF・56の長さは、EDF・72の長さ分、第2の実施形態のEDF・56の長さよりも短くしても良い。

前述したサーキュレータおよびミラーを用いた第2の実施形態のいわゆるダブルパス型のEDFモジュールは、サーキュレータに隣接したEDFの信号光入力端と出力端が一致するため、モジュールの雑音指数が増加するという欠点がある。すなわち、信号光が増幅されることで信号光のパワーが励起光と同程度にまで大きくなるため、反転分布のパラメータが劣化して雑音が大きくなる。一方、本第3の実施形態においては、EDF・71、72が前段増幅によりEDF・52、56における雑音指数増加を抑圧する。その結果、この第3の実施形態によれば、第2の実施形態に比べより低い雑音指数を得ることができる。

以上、本発明の実施形態を説明してきたが、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。

産業上の利用の可能性

本発明は、線形中継器または端局装置から離して設置された無給電の遠隔励起モジュールによる遠隔励起によって光信号を増幅する光ファイバ通信システムに利用される。本発明は、信号光の利得波長域がEDFAのL帯に設定されたシステムへ適用した場合に特に有用であり、例えば、EDFAのC帯で問題となる4光波混合を回避できるDSFを用いたシステムに好適である。本発明によれば、エルビウム添加ファイバの両端から励起光を入射させることで、遠隔励起モジュールの励起効率の向上および雑音指数の低減を図ることができる。

請求の範囲

1. 励起光を出力する励起光源と、信号光に前記励起光を合波して出力する合波器とを備えた信号光出力手段と、

前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、

前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、

前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記伝送ファイバ中を信号光と同じ方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、

前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、

前記分波器を通過した信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、

前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段と、

を具備する光ファイバ通信システム。

2. 信号光を出力する信号光出力手段と、

前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、

前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、

励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光と前記励起光を合波し、前記励起光を前記信号光と逆方向に出力する合波器とを備えた信号光受信手段とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記伝送ファイバ中を信号光と逆方向に伝播する励起光を信号光から分波する分波器と、

前記分波器により分波された励起光を所望の比率で2分岐する分岐器と、

前記信号光が入力されるエルビウム添加ファイバと、

前記分岐器により分岐された励起光を各々、信号光と合波し、前記エルビウム添加ファイバの両端に加える第1、第2の合波手段と、
を具備する光ファイバ通信システム。

3. 励起光を出力する励起光源と、信号光に前記励起光を合波して出力する合波器とを備えた信号光出力手段と、

前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、
前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、

前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光を受信する信号光受信手段とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、

前記信号光および励起光が入力されるサーキュレータと、

前記サーキュレータを通過した信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、

前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、

前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サーキュレータを通して次段へ出力される光ファイバ通信システム。

4. 前記サーキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設けた請求項3に記載の光ファイバ通信システム。

5. 信号光を出力する信号光出力手段と、

前記信号光出力手段から出力された信号光を伝送する複数の伝送ファイバと、
前記伝送ファイバ間に設けられたエルビウム添加ファイバモジュールと、
励起光を出力する励起光源と、前記信号光出力手段から出力され、前記伝送ファイバおよびエルビウム添加ファイバモジュールを通過した信号光と前記励起光

を合波し、前記励起光を前記信号光と逆方向に出力する合波器とを備えた信号光受信手段とを有し、

前記エルビウム添加ファイバモジュールは、
前記信号光が入力されるサキュレータと、
前記励起光を信号光から分波する分波器と、
前記分波器によって分波された励起光を前記サキュレータから出力された信号光に合波する合波器と、

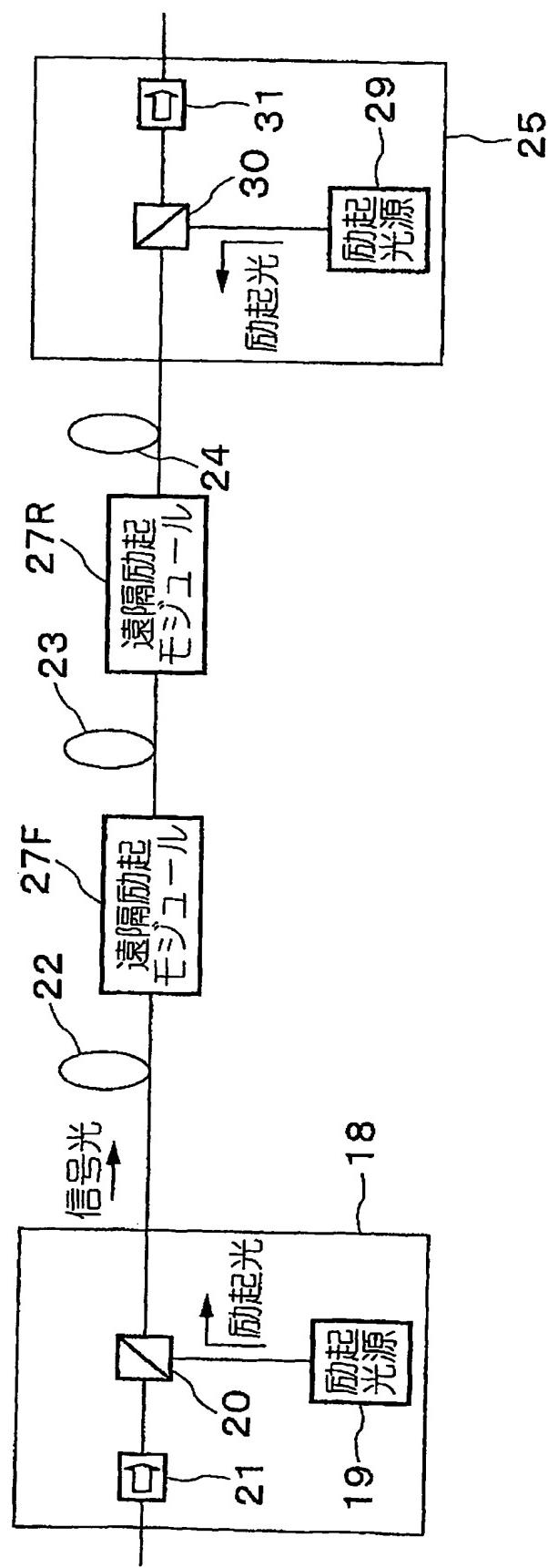
前記合波器から出力された信号光および励起光が入力される第1のエルビウム添加ファイバと、

前記第1のエルビウム添加ファイバを通過した信号光および励起光が入力されるミラーとを有し、

前記ミラーによって反射された信号光および励起光が前記第1のエルビウム添加ファイバおよび前記サキュレータを通して次段へ出力される光ファイバ通信システム。

6. 前記サキュレータの前段に第2のエルビウム添加ファイバを設け、前記合波器を前記第2のエルビウム添加ファイバの前段に設けた請求項5に記載の光ファイバ通信システム。

図 1



2/5

図 2

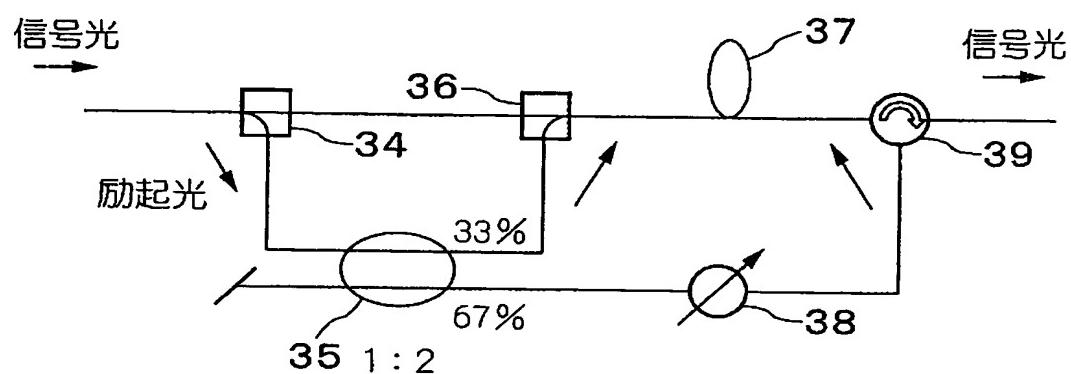
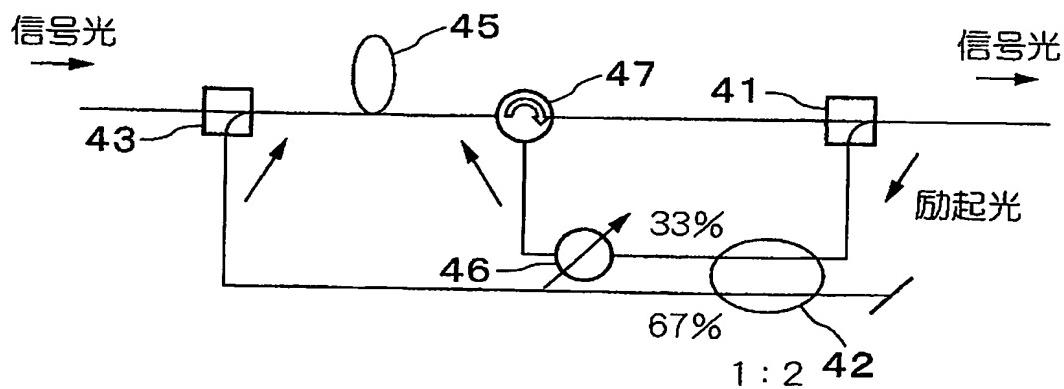
27F

図 3

27R

3/5

図 4

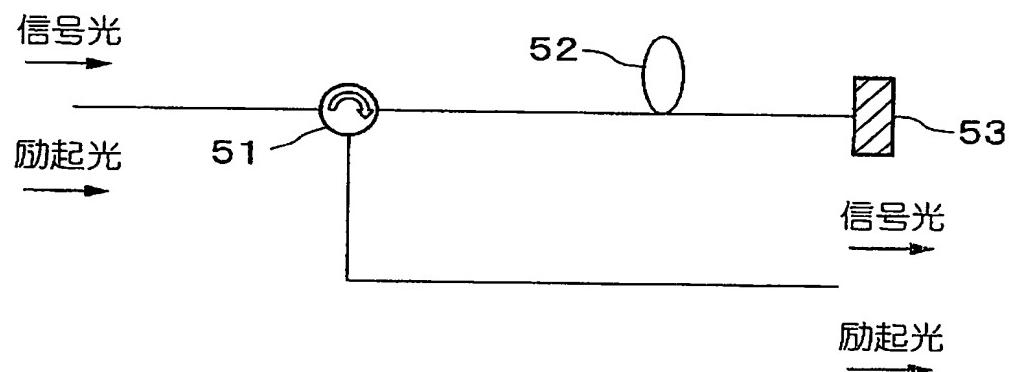
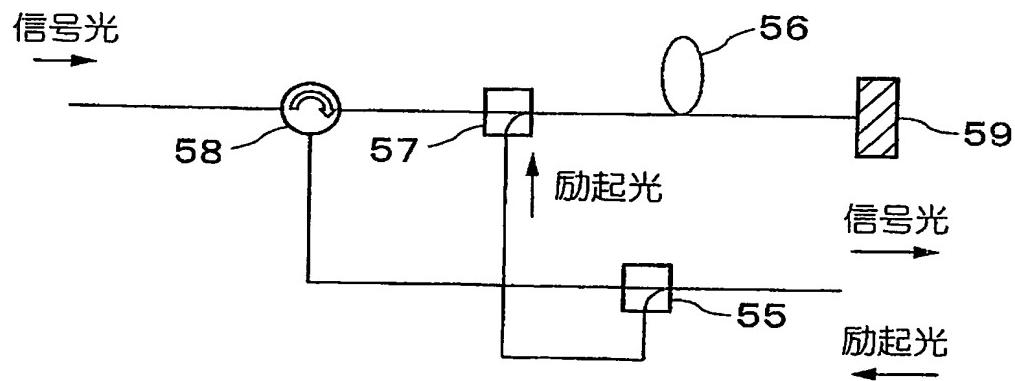
50F

図 5

50R

4/5

図 6

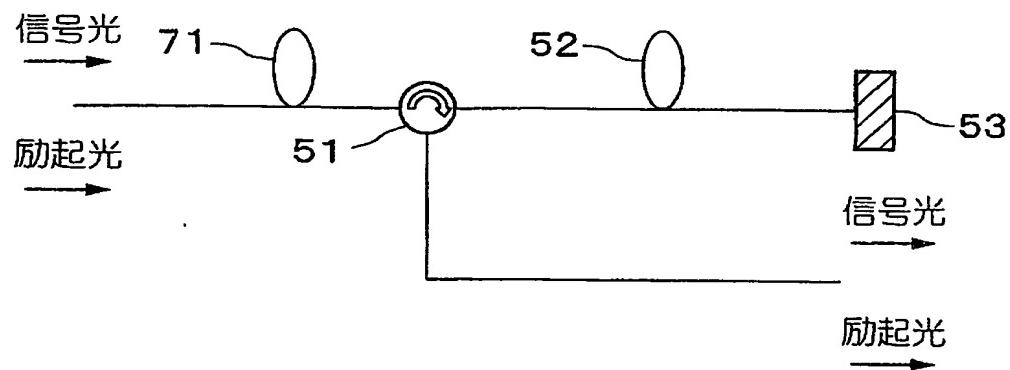
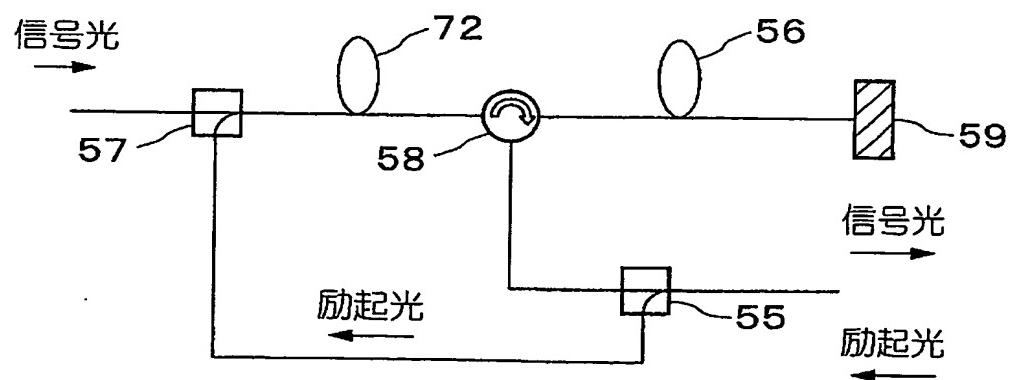
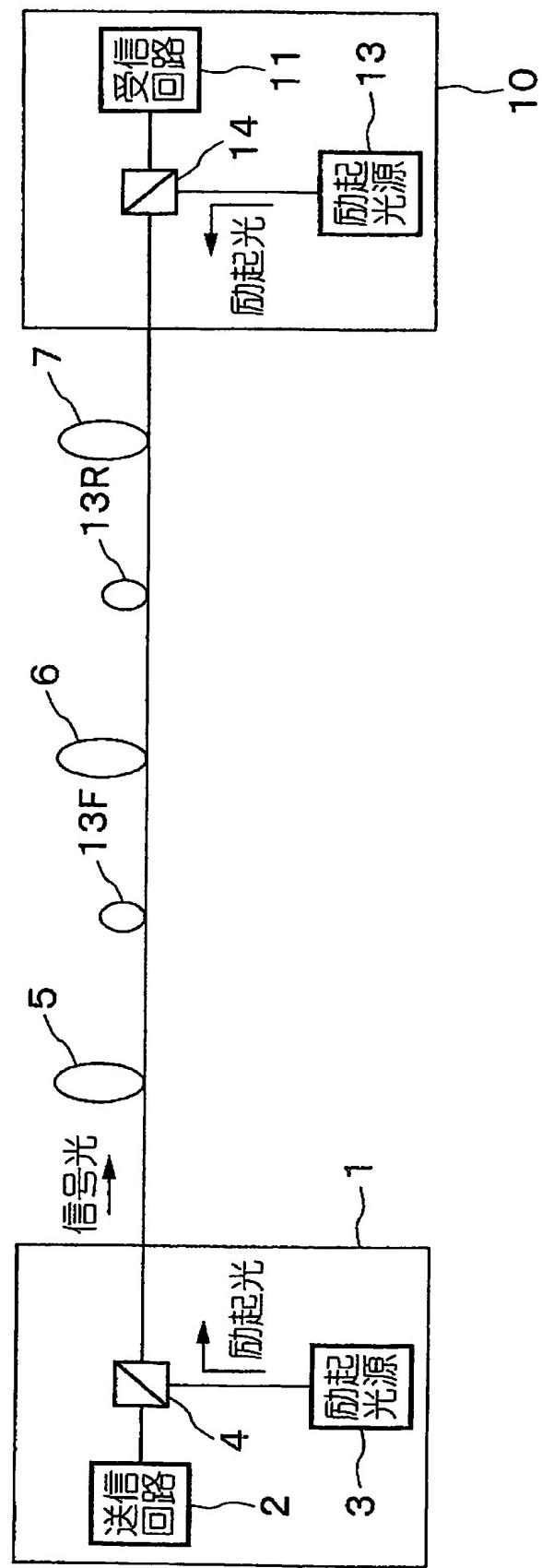
70F

図 7

70R

5/5

図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04B10/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04B10/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 2003-124551 A (KDDI Submarine Cable Systems Inc.), 25 April, 2003 (25.04.03), Figs. 1, 2 (Family: none) | 1-6 |
| Y | JP 2000-101174 A (PIRELLI CAVI E SISTEMI S.p.A.), 07 April, 2000 (07.04.00), Figs. 9, 10 & EP 0989638 A1 & US 6359728 B1 | 1-6 |
| Y | JP 2003-50409 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 21 February, 2003 (21.02.03), Figs. 1, 3 to 6, 8, 9, 12, 13 (Family: none) | 3-6 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 October, 2004 (05.10.04)

Date of mailing of the international search report
19 October, 2004 (19.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2004/009878**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | JP 2001-196672 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 19 July, 2001 (19.07.01), Figs. 1 to 3 (Family: none) | 1-6 |

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/009878

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. C1. 7 H04B10/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. C1. 7 H04B10/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2004年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2004年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2004年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| Y | JP 2003-124551 A (ケイディディアイ海底ケーブルシステム株式会社)、2003.04.25、第1、2図、(ファミリーなし) | 1-6 |
| Y | JP 2000-101174 A (ピレリー・カビ・エ・システム・ソチエタ・ペル・アツィオーニ)、2000.04.07、第9、10図 & EP 0989638 A1 & US 6359728 B1 | 1-6 |

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.10.2004

国際調査報告の発送日

19.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

工藤一光

5 J 9274

電話番号 03-3581-1101 内線 3535

| C(続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|----------------------|---|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | JP 2003-50409 A (日本電信電話株式会社)、2003.02.21、第1、3-6、8、9、12、13図、(ファミリーなし) | 3-6 |
| A | JP 2001-196672 A (日本電信電話株式会社)、2001.07.19、第1-3図、(ファミリーなし) | 1-6 |